





2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCIガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

### 方位センサとその製造方法

#### 技術分野

- 5 本発明は、各種電子機器に使用される方位センサとその製造方法に関する。

#### 背景技術

- 10 図10Aは従来の方位センサの斜視図、図10Bは同A-A線断面図である。

従来の方位センサは、以下の構成を備えている。

- ・基板1上面に4個の検出素子2A～2Dを有するブリッジ回路3
- ・このブリッジ回路3を有する基板1を覆うようにして基板1を保持するホルダー4
- ・このホルダー4の周りを巻回し所定巻数の導電線からなり互いに直交する磁気バイアス印加部としての第1、第2のコイル5A、5B

- 20 上記従来の方位センサは、検出素子2A～2Dが設けられた基板1がホルダー4で覆われ、さらにこのホルダー4の周囲を第1、第2のコイル5A、5Bが巻回している。このため従来の方位センサは、形状が大きく、小形化が困難である。

#### 発明の開示

- 25 本発明の方位センサは、基板の主面に設けられた少なくとも2以上の検出素子を備えた第1の検出回路と、同構成の第2の検出回路と、第1の検出回路に対向する位置に設けられた第1の磁気バイアス印加部と、第2の検出回路に対向に設けられた第2の磁気バイアス印加部とを備えている。第2の磁気バイアス印加部は、第1の磁気バイアス印加部が発生する磁界の向きと異なる方向に磁界を発生
- 30

する。

### 図面の簡単な説明

5 図 1 A は本発明の実施の形態 1 における方位センサの斜視図である。

図 1 B は本発明の実施の形態 1 における方位センサの分解斜視図である。

図 2 は、図 1 A の A-A 線における本発明の実施の形態 1 における方位センサの断面図である。

10 図 3 は本発明の実施の形態 1 における方位センサの要部である第 1、第 2 のブリッジ回路の上面図である。

図 4 は本発明の実施の形態 1 における方位センサの要部である第 1 のブリッジ回路の電気回路図である。

15 図 5 は本発明の実施の形態 1 における方位センサの第 1、第 2 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の強度と、検出された方位のばらつきとの関係を示した図である。

図 6 は本発明の実施の形態 1 による他の方位センサの断面図である。

図 7 は本発明の実施の形態 2 の方位センサの断面図である。

20 図 8 は本発明の実施の形態 3 の方位センサの要部である第 1、第 2 のブリッジ回路周辺の上面図である。

図 9 は本発明の実施の形態 1～3 による方位センサの第 1 の検出回路のパリーションの回路図である。

図 10 A は従来の方位センサの斜視図である。

25 図 10 B は、図 10 A の A-A 線における従来の方位センサの断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。なお、同様  
30 の構成をなすものは同じ符号を付して説明し、詳細な説明を省略す

る。

(実施の形態 1)

図 1 A は本発明の実施の形態 1 の方位センサの斜視図、図 1 B は同分解斜視図、図 2 は同 A-A 線断面図、図 3 は同要部である第 1、  
5 第 2 のブリッジ回路の上面図である。図 4 は実施の形態 1 の方位センサにおける第 1 のブリッジ回路の電気回路図である。

図 1 A ~ 図 3 に示すように、本実施の形態の方位センサは、以下の構成を備えている。

- ・基板 1 1
- 10    ・この基板 1 1 上面に設けられた、第 1 の検出素子 1 2 A ~ 第 4 の検出素子 1 2 D とを備えた第 1 のブリッジ回路 1 3 (第 1 の検出回路)
- ・第 5 の検出素子 1 2 E ~ 第 8 の検出素子 1 2 H を備えた第 2 のブリッジ回路 1 4 (第 2 の検出回路)
- 15    ・第 1 のブリッジ回路 1 3 と第 2 のブリッジ回路 1 4 上面にそれぞれ設けられた絶縁層 1 5 A、1 5 B
- ・絶縁層 1 5 A、1 5 B の上面に第 1、第 2 のブリッジ回路 1 3、1 4 とそれぞれ対向する位置にそれぞれ設けられた第 1 の磁気バイアス印加部 1 6、第 2 の磁気バイアス印加部 (以下、印加部と称す)
- 20    1 7
- ・第 1 の印加部 1 6、第 2 の印加部 1 7 の上面にそれぞれ設けられた、エポキシ樹脂、シリコン樹脂等からなる被覆層 2 1 A、2 1 B

なお、第 1、第 2 の印加部 1 6、1 7 はその発生する磁界の向き  
25 は図 3 にそれぞれ矢印 3 1、3 2 で示すように、互いに略 90° 異なるように構成されている。

以下、これらの構成要素について説明する。

基板 1 1 は、矩形状でアルミナなどの絶縁性を有する材料からなり、好ましくはその主面にガラスグレーズ層が形成されているもの  
30 がよい。ガラスグレーズ層は平滑な表面を得易く、第 1 のブリッジ

回路 13、第2のブリッジ回路 14の形成が容易となるからである。

第1のブリッジ回路 13は第1の検出素子 12A、第2の検出素子 12B、第3の検出素子 12Cおよび第4の検出素子 12Dとから構成される。ここで、第1の検出素子 12Aから第4の検出素子 12Dは、強磁性薄膜や人工格子多層膜等を複数折り返して形成される。強磁性薄膜はNiCo、NiFe等からなり、外部磁界が垂直に印加されたときに抵抗値変化率が最大となる。また、複数折り返すことによって、地磁気が横切る本数が増えるため、抵抗値変化率が大きくなり、地磁気の検出感度が向上する。

ここで、第1の検出素子 12Aと第2の検出素子 12Bとは電気的に直列に接続されており、第3の検出素子 12Cと第4の検出素子 12Dも電気的に直列に接続されている。そして、第1の検出素子 12Aと第2の検出素子 12Bの直列回路と、第3の検出素子 12Cと第4の検出素子 12Dの直列回路とは電気的に並列に接続している。さらに、第1の検出素子 12Aと第2の検出素子 12Bとの接続部は第1の出力電極 20Aと接続しており、第3の検出素子 12Cと第4の検出素子 12Dとの接続部は第2の出力電極 20Bと接続している。

また、第1の検出素子 12Aと第2の検出素子 12Bとは、パターンの長手方向が互いに略90°異なっている。第3の検出素子 12Cと第4の検出素子 12Dにおいても同様の構成である。そして、第1の検出素子 12Aと第4の検出素子 12Dとは、パターンの長手方向が平行である。第2の検出素子 12Bと第3の検出素子 12Cにおいても同様の構成である。

なお、第1の検出素子 12Aと第3の検出素子 12Cとは、入力電極 18Aに接続している。一方、第2の検出素子 12Bと第4の検出素子 12Dとは、グランド電極 19Aに接続している。

このように、第1の検出素子 12Aから第4の検出素子 12Dは図4に示すようにフルブリッジを構成する。よってブリッジ回路の作用により、第1の出力電極 20Aと第2の出力電極 20Bからそ

れぞれ得られた2つの出力電圧の差動電圧の変動は大きくなる。このため、方位が精度良く検知される。さらに2つの出力電圧のノイズをキャンセルできるため、ノイズによる検出ばらつきが小さくなる。

- 5      さらに、第1の検出素子12A～第4の検出素子12Dはそれぞれその長手方向が第1の印加部16で発生する磁界と45°の角度をなしている。このように構成することによって、第1の検出素子12A～第4の検出素子12Dの抵抗値が磁界の変化に対しリニアに変化するとみなすことができる。そのため差動電圧から方位が容易に算出される。なお、本実施の形態においては、第1の検出素子12A～第4の検出素子12Dはその長手方向が第1の印加部16で発生する磁界となす角度を45°としている。この角度が0°、180°では第1の印加部16で発生する磁界が検出素子の抵抗値変化に寄与しないので、バイアス磁界の役割を果たさない。従って、
- 10      45°以外でも0°と180°を除いた角度にすることが好ましい。

また、入力電極18A、グランド電極19A、第1の出力電極20A、第2の出力電極20Bはそれぞれ銀、銀パラジウム等で構成されている。

- 第1のブリッジ回路13と同様に、第2のブリッジ回路14も第5の検出素子12E、第6の検出素子12F、第7の検出素子12Gおよび第8の検出素子12Hとを備える。そして入力電極18B、グランド電極19B、第3の出力電極20C、および第4の出力電極20Dと接続している。
- 20      5の検出素子12E、第6の検出素子12F、第7の検出素子12Gおよび第8の検出素子12Hとを備える。そして入力電極18B、グランド電極19B、第3の出力電極20C、および第4の出力電極20Dと接続している。

- これらの構成要素は、それぞれ、第2のブリッジ回路14の第5の検出素子12Eが第1のブリッジ回路13の第1の検出素子12Aに対応する。以下同様に、第6の検出素子12Fが第2の検出素子12Bに、第7の検出素子12Gが第3の検出素子12Cに、第8の検出素子12Hが第4の検出回路12Dに、入力電極18Bが入力電極18Aに、グランド電極19Bがグランド電極19Aに、第3の出力電極20Cが第
- 25      1の出力電極20Aに、第4の出力電極20Dが第2の出力電極20B
- 30      1の出力電極20Aに、第4の出力電極20Dが第2の出力電極20B

に対応する。

なお、入力電極 18 A と入力電極 18 B とは電氣的に接続され、グランド電極 19 A とグランド電極 19 B とも電氣的に接続されている。すなわち、第 1 のブリッジ回路 13 と第 2 のブリッジ回路 14 とは電氣的に並列に接続されている。

入力電極 18 A、18 B、グランド電極 19 A、19 B、第 1 の出力電極 20 A、第 2 の出力電極 20 B、第 3 の出力電極 20 C および第 4 の出力電極 20 D は、それぞれ、外部と信号の入出力のため露出している。

10 絶縁層 15 A は第 1 のブリッジ回路 13 上面に、絶縁層 15 B は第 2 のブリッジ回路 14 上面にそれぞれ設けられている。これらは絶縁性を有する  $\text{SiO}_2$ 、アルミナ、エポキシ樹脂、シリコン樹脂等からなり、第 1、第 2 のブリッジ回路 13、14 と第 1、第 2 の印加部 16、17 とを電氣的に絶縁をしている。このとき、第 1 の検

15 出素子 12 A ～第 4 の検出素子 12 D を絶縁層 15 A で覆い、第 5 の検出素子 12 E ～第 8 の検出素子 12 H を絶縁層 15 B で覆うようにする。

なお、絶縁層 15 A、15 B として  $\text{SiO}_2$  を用いると、第 1、第 2 の印加部 16、17 として  $\text{CoPt}$  合金を用いる場合には、第

20 1、第 2 の印加部 16、17 との密着性が良くなる。このため、耐湿性等の信頼性が向上する。また安価となる。

第 1 の印加部 16 は絶縁層 15 A の上面の、第 1 のブリッジ回路 13 と対向する位置に、第 2 の印加部 17 は、絶縁層 15 B の上面の、第 2 のブリッジ回路 14 と対向する位置にそれぞれ設けられている。これらは磁界の向きが設定された  $\text{CoPt}$  合金、 $\text{CoCrPt}$  合金、フェライト等の磁石からなる。第 1 の印加部 16 は第 1 のブリッジ回路 13 全面を覆う。また第 2 の印加部 17 は第 2 のブリッジ回路 14 全面を覆う。また、第 1、第 2 の印加部 16、17 で発生する磁界の向きは前述のように互いに略  $90^\circ$  異なっている。

30 さらに、第 1、第 2 の印加部 16、17 は  $5 \sim 200 \text{ Oe}$  の強度の磁



界を発生する。

ここで、第1、第2の印加部16、17の磁界強度を5~200 Eとした理由について説明する。

図5は、第1、第2の印加部16、17で発生する磁界の強度と、  
5 検出された方位のばらつきとの関係を示した図である。この図では  
許容される方位のばらつきを7°としている。これは36方位を検  
出するために許される最大限のばらつきである。

図5から明らかなように、磁界の強度を5~200 eとすること  
によって、検出された方位のばらつきを低減され、方位が精度良く  
10 検出されることがわかる。

このようにすると、磁界の強度が200 e以下のため、地磁気の  
磁界強度との差が小さくなる。また磁界の強度が50 e以上のため、  
第1、第2のブリッジ回路13、14が一定以上の強度で出力する。  
以上の理由により、第1、第2の印加部16、17の磁界強度を5  
15 ~200 eとすることが好ましい。

なお、要望される検出方位のばらつきが小さい場合には、磁界の  
強度の範囲を更に限定する必要がある。たとえば、許容される方位  
のばらつきが5°の場合には磁界強度を6.0~18.00 eとす  
る。さらに好ましくは、磁界強度を7.5~15.00 eとすれば  
20 よい。

また、第1、第2の印加部16、17としてC o P t合金を用い  
ると、その厚みを500 nm程度に小さくできる。しかも、厚みの  
ばらつきが小さくなるため、バイアス磁界の強度が安定する。

なお、第1、第2の印加部16、17としてフェライトを用いれ  
25 ば、印加部16、17は安価になる。

以下、本発明の実施の形態1における方位センサの製造方法に  
ついて説明する。

まず、基板11の上面に第1の検出素子12A~第8の検出素子  
12H、入力電極18A、18B、グランド電極19A、19B、  
30 第1の出力電極20A~第4の出力電極20Dを形成する。この際

印刷、蒸着等の方法を用いる。

このとき、第1の検出素子12A～第4の検出素子12Dにより第1のブリッジ回路13を形成し、入力電極18A、グランド電極19A、第1の出力電極20A、第2の出力電極20Bを所定の位置に形成する。同様に、第5の検出素子12E～第8の検出素子12Hにより第2のブリッジ回路14を形成し、入力電極18B、グランド電極19B、第3の出力電極20C、第4の出力電極20Dを所定の位置に形成する。

次に、第1のブリッジ回路13の上面に絶縁層15Aを、第2のブリッジ回路14の上面に絶縁層15Bをそれぞれ形成する。前述のように、絶縁層15Aは第1の検出素子12A～第4の検出素子12Dを、絶縁層15Bは第5の検出素子12E～第8の検出素子12Hをそれぞれ覆うようにする。

次に、絶縁層15Aの上面の、第1のブリッジ回路13と対向する位置に第1の磁気バイアス印加部16を印刷、エッチング等によって形成する。また絶縁層15Bの上面の、第2のブリッジ回路14と対向する位置に第2の磁気バイアス印加部17を形成する。その後、第1、第2の印加部16、17に磁場発生コイルを近接することによって、それぞれの磁界の向きを設定する。

このとき図3のように、第1の検出素子12A～第8の検出素子12Hが、その長手方向が第1、第2の印加部16、17で発生する磁界と45°の角度をなすようにする。また、第1、第2の印加部16、17で発生する磁界の方向が略90°異なるようにする。

なお、第1、第2の印加部16、17をリフトオフ法によって形成することが好ましい。これにより絶縁層15A、絶縁層15B、第1、第2のブリッジ回路13、14がダメージを受けない。

すなわち、まず第1、第2の印加部16、17を形成しない部分にレジストを形成する。次に、絶縁層15A、15Bの全面に、第1、第2の印加部16、17を構成する磁性材料を配する。そして、レジストを除去して所定位置に第1、第2の印加部16、17を設

ける。このようにすることで、レジストを除去さえすれば不要な磁性材料も同時に除去される。このため、エッチング法のように不要な磁性材料を直接除去する必要がなく、そのためのエッチング液等が絶縁層 15 A、15 B、第 1、第 2 のブリッジ回路 13、14 へ  
5 附着あるいは浸透することがない。

特に第 1、第 2 の印加部 16、17 として CoPt 合金をエッチング法で形成する場合、エッチング液として強酸性のものを使用する必要がある。このため、エッチング液によって絶縁層 15 A、15 B または第 1、第 2 のブリッジ回路 13、14 がダメージを受け、  
10 耐湿性等が低下して信頼性を損なう。しかし、リストオフ法を適用すればこのような問題は生じず、信頼性の高い方位センサが得られる。

また、本実施の形態では第 1、第 2 の印加部 16、17 を形成後、それらの磁界の向きを設定する。このようにすることで、第 1、第  
15 2 の印加部 16、17 の磁界の向きを同時に、あるいは連続して設定できるため、生産性が向上する。なお、すでに磁界の向きが設定された磁石を絶縁層 15 上面に配置するようにしてもよい。

最後に、第 1 印加部 16 の上面にモールド等によって被覆層 21 A を、第 2 の印加部 17 の上面にモールド等によって被覆層 21 B  
20 をそれぞれ形成する。

以下、本発明の実施の形態 1 における方位センサの動作について説明する。

まず、第 1 のブリッジ回路 13 の入力電極 18 A とグランド電極 19 A の間に所定の電圧を印可する。このとき、第 1 の検出素子 1  
25 2 A ～第 4 の検出素子 12 D には、第 1 の磁気バイアス印加部 16 から発生した磁界と地磁気が作用して、その抵抗値が変化する。このとき、第 1 の出力電極 20 A と第 2 の出力電極 20 B から抵抗値変化に応じた電圧が出力され、この 2 つの差動出力電圧を検出する。この電圧は、地磁気と第 1 のブリッジ回路 13 とが交わる角度によ  
30 って変化する。地磁気と第 1 のブリッジ回路 13 とが交わる角度に

対し、この差動出力電圧は、略正弦波的に変化する。

第2のブリッジ回路14においても同様に、第3の出力電圧20Cと第4の出力電圧20D間に、地磁気と第2のブリッジ回路14とが交わる角度に応じて略正弦波的に変化する差動出力電圧が検出5される。

ここで、本実施の形態のように第1の印加部16と第2の印加部17との磁界方向は $90^\circ$ 異なっている。これにより、一方の差動出力電圧と他方の差動出力電圧との位相は $90^\circ$ ずれたものとなる。即ち、方位を $\theta$ とすると一方の出力が $A \sin \theta$ 、他方の出力が $A' \cos \theta$ となる。こららを振幅A、 $A'$ で規格化してやれば、両出力の比、 $\tan \theta$ が計算され、容易に方位 $\theta$ が検出される。なお、振幅がほぼ同じになるように印加部の強度バラツキを抑えれば規格化処理の必要はない。

このとき、第1、第2の印加部16、17で発生する磁界の向き15は、方位 $\theta$ の計測ばらつきが所定の範囲内、例えば $7^\circ$ に収まる程度に異なるようにすればよい。本実施の形態では、第1、第2の印加部16、17で発生する磁界の向き31、32のなす角を略 $90^\circ$ とした。しかしこの角度は $90^\circ$ でなくてもよい。すなわち、第1、第2の印加部16、17で発生する磁界の向きを異なるようにすれば、第1、第2のブリッジ回路13、14の出力の位相が互いに異なる。第1のブリッジ回路13の出力は正弦波的に変化するため同一値を2つの方位の角度で取る。しかし第1のブリッジ回路13の出力と第2のブリッジ回路14の出力との差の符号によって、方位は1つの角度に決定される。これにより、 $0 \sim 360^\circ$ の範囲の全25方位を検出できる。このとき、第1、第2のブリッジ回路13、14の各出力の位相が重ならない程度に磁界の向きを異なるようにする必要がある。

尚、本実施の形態において、絶縁層15A、15Bは分離した別の層であり、被覆層21A、21Bにおいても分離した別の層であったが、図6のようにそれぞれを一体に構成してもよい。30

図6は、本発明の実施の形態1の他の方位センサの断面図である。被覆層15は第1のブリッジ回路13と第2のブリッジ回路14とをともに覆っている。また、被覆層21も第1の印加部16と第2の印加部17とを覆っている。

- 5     このような構成であっても図1に示す方位センサと同様の作用効果を得ることができる。

#### (実施の形態2)

- 本発明の実施の形態2について図7を用いて説明をする。図7は  
10   本発明の実施の形態2の方位センサの断面図である。

実施の形態1では基板の片面側に第1、第2のブリッジ回路等を形成していたが、実施の形態2においては、基板の上面に第1のブリッジ回路を、基板の下面に第2のブリッジ回路を形成する。これ以外の構成は実施の形態1と同様である。

- 15   以下、実施の形態2の構成について説明する。

- 基板11の上面に第1のブリッジ回路13が形成され、第1のブリッジ回路13の上面に第1の絶縁層15Aが形成されている。第1の絶縁層15Aの上面の、第1のブリッジ回路13と対向する位置に第1の磁気バイアス印加部16が形成され、さらにその上面に  
20   第1の被覆層21Aが形成されている。

- また、基板11の下面に第2のブリッジ回路14が形成され、第2のブリッジ回路14の下面に第2の絶縁層15Bが形成されている。第2の絶縁層15Bの下面の、第2のブリッジ回路14と対向する位置に第2の磁気バイアス印加部17が形成され、さらにその  
25   下面に第2の被覆層21Bが形成されている。

- このように本実施の形態による方位センサは、第1、第2のブリッジ回路13、14を基板11の別の面に形成している。このため、第1、第2のブリッジ回路13、14を同一面に形成するより主面の面積が小さくなる。これにより、方位センサが小型化される。さ  
30   らに、第1、第2の印加部16、17を別の面に形成しているため、

第1、第2の印加部16、17間の距離が大きくなる。これにより、第1の印加部16から発生した磁界から第2のブリッジ回路14への影響が小さくなる。同様に、第2の印加部17から発生した磁界から第1のブリッジ回路13への影響が小さくなる。

5

### (実施の形態3)

本発明の実施の形態3について図8を用いて説明する。図8は本発明の実施の形態3の方位センサの要部である第1、第2のブリッジ回路の上面図である。

- 10 実施の形態3の方位センサでは、実施の形態1の方位センサにさらに、磁界バイアス印加部を上面視にて第1、第2のブリッジ回路13、14の周囲にも設けている。

図8に示すように、第1のブリッジ回路13の周辺に磁気バイアス印加部16A、16B、16C、16Dが配置されている。これらは周囲磁気バイアス印加部を構成する。同様に第2のブリッジ回路14の周辺に磁気バイアス印加部(以下、印加部と称す)17A、17B、17C、17Dが配置されている。

ここで、印加部16Aが第1のブリッジ回路13と向かい合う側をN極としている。また、第1のブリッジ回路13を介して印加部16Aと対向して位置する印加部16Bは、第1のブリッジ回路13と向かい合う側をS極としている。第1のブリッジ回路13の周辺にあって印加部16Aと印加部16Bとの間に位置する印加部16Cは、印加部16Aと対向する側をN極、印加部16Bと対向する側をS極としている。第1のブリッジ回路13を介して印加部16Cと対向し、かつ印加部16Aと印加部16Bとの間に位置する印加部16Dは、印加部16Aと対向する側をN極、印加部16Bと対向する側をS極としている。

印加部17A～17Dは、第2のブリッジ回路14の周辺に配置されたものであり、磁界の方向は印加部16A～16Dを時計回り  
30 に90°回転させた関係にある。

尚、実施の形態 3 における方位センサの全体構造は、第 1 の実施の形態における方位センサに印加部 16A~16D、17A~17D を付加した構成である。すなわち、第 1 のブリッジ回路 13、第 2 のブリッジ回路 14 の上方には図示していないが、それぞれ第 1 の印加部 16、第 2 の印加部 17 が位置している。このとき、第 1 の印加部 16 の磁界の方向は、図 8 中の矢印 81 に示すように左側が N 極で右側が S 極である。また、第 2 の印加部 17 の磁界の方向は、矢印 82 に示すように、上側が N 極で下側が S 極である。

このような構成にすれば、印加部 16A~16D に囲まれた部分からこの外部へは磁界が漏れにくい。これにより第 1 のブリッジ回路 13 への磁界の印加の効率が良いため、印加部 16、16A~16D を構成する磁石の磁力が弱くても機能する。そのようにすれば、第 1 のブリッジ回路 13 へ印可する磁界が第 2 のブリッジ回路 14 へ影響を与える可能性が小さくなる。印加部 17A~17D についても同様である。

以上、本発明の実施の形態 1~実施の形態 3 を説明したが、これらはホルダーやコイルが不要なので、小型になる。さらに、コイルに通電してバイアス磁界を発生させているのではなく、永久磁石を用いている。これにより方位センサは、磁界の発生のための電力が不要となり、省電力化される。このような方位センサは、携帯端末等への搭載も可能となる。

尚、上記すべての実施の形態においては、第 1 の検出回路と第 2 の検出回路のいずれも 4 個の検出素子を用いたブリッジ回路構成とし、その差動電圧を検知する方法を採用している。しかし第 1 の検出回路と第 2 の検出回路を 2 個の検出素子を用いたハーフブリッジ回路により構成してもよい。これについて、図 9 を用いて説明をする。図 9 は本発明の方位センサの第 1 の検出回路のバリエーションの回路図である。

第 1 の検出回路 90 は第 1 の検出素子 12A と第 2 の検出素子 12B とからなる。第 1 の検出回路 90 では、入力電極 18A とグラ

ンド電極 19 A 間に所定の電圧を印加することにより第 1 の出力電極 20 A とグランド電極 19 A 間の電圧を検知する。この回路構成は、ブリッジ回路の半分の構成を有することから「ハーフブリッジ回路」と言われている。

- 5     なお、第 1 の検出素子 12 A と第 2 の検出素子 12 B との位置関係や、第 1 の検出回路 90 に対向する第 1 の磁気バイアス印加部の磁界方向との位置関係については実施の形態 1 と同様である。

第 2 の検出回路においても同様に構成することができる。

- 10    このようなハーフブリッジ回路構成は、ブリッジ回路の場合に比べて、検出素子の数が半分で、回路が必要とする面積も小さくなり、回路構成が簡単となり小型化にも有利である。

### 産業上の利用可能性

以上のように本発明の方位センサは、以下の構成を備えている。

- 15    ・基板
- ・この基板の主面に設けられた少なくとも 2 以上の検出素子を備えた第 1 の検出回路と、同構成の第 2 の検出回路
  - ・第 1 の検出回路に対向する位置に設けられた第 1 の磁気バイアス印加部
- 20    ・第 2 の検出回路に対向に設けられ、かつ第 1 の磁気バイアス印加部が発生する磁界の向きと異なる方向に磁界を発生する第 2 の磁気バイアス印加部

この構成により、ホルダーやコイルが不要となり、これにより、小形化が可能な方位センサが得られる。



## 請求の範囲

1. 基板と、  
前記基板の主面に設けられた少なくとも2以上の検出素子  
を備えた第1の検出回路と、  
5 前記基板の主面に設けられた少なくとも2以上の検出素子  
を備えた第2の検出回路と、  
前記第1の検出回路に対向する位置に設けられた第1の磁  
気バイアス印加部と、  
前記第2の検出回路に対向する位置に設けられ、かつ前記第  
10 1の磁気バイアス印加部が発生する磁界の向きと異なる方向に磁界  
が発生する第2の磁気バイアス印加部と、を備えた、  
方位センサ。  
2. 前記第1、第2の磁気バイアス印加部を永久磁石で構成した、  
15 請求項1に記載の方位センサ。  
3. 前記第1の検出回路と前記第2の検出回路との少なくとも  
一方を覆う絶縁層と、をさらに備えた、  
請求項1に記載の方位センサ。  
20 4. 前記第1の検出回路は、  
第1の検出素子と、  
前記第1の検出素子とパターンの長手方向が異なり、  
かつ前記第1の検出素子と電気的に直列に接続された第2  
25 の検出素子と、  
前記第2の検出素子とパターンの長手方向が平行で  
ある第3の検出素子と、  
前記第3の検出素子と電気的に直列に接続され、かつ  
前記第1の検出素子とパターンの長手方向が平行である第  
30 4の検出素子と、を備え、

前記第 1 の検出素子と前記第 2 の検出素子、前記第 3 の検出素子と前記第 4 の検出素子とがそれぞれ電氣的に並列に接続されており、

前記第 2 の検出回路は、

5                   第 5 の検出素子と、

前記第 5 の検出素子とパターンの長手方向が異なり、かつ前記第 5 の検出素子と電氣的に直列に接続された第 6 の検出素子と、

10                   前記第 6 の検出素子とパターンの長手方向が平行である第 7 の検出素子と、

前記第 7 の検出素子と電氣的に直列に接続され、かつ前記第 5 の検出素子とパターン方向が平行である第 8 の検出素子と、を備え、

15                   前記第 5 の検出素子と前記第 6 の検出素子、前記第 7 の検出素子と前記第 8 の検出素子とがそれぞれ電氣的に並列に接続されている、

請求項 1 に記載の方位センサ。

5       前記第 1 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きと前  
20   記第 2 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きとがなす角度が  $90^\circ$  であり、前記第 1 の検出素子のパターンの長手方向と前記第 2 の検出素子のパターンの長手方向とがなす角度が  $90^\circ$  であり、かつ前記第 5 の検出素子のパターンの長手方向と前記第 6 の検出素子のパターンの長手方向とがなす角度が  $90^\circ$  である、

25                   請求項 4 に記載の方位センサ。

6       前記第 1 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きと前記第 1 の検出素子のパターンの長手方向のなす角度が  $45^\circ$  であり、

30   前記第 2 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きと前記第 5 の検出素子のパターンの長手方向のなす角度が  $45^\circ$  である、

請求項 5 記載の方位センサ。

7. 前記第 1 の検出回路は、  
第 1 の検出素子と、  
5 前記第 1 の検出素子とパターンの長手方向が異なり、  
かつ前記第 1 の検出素子と電氣的に直列に接続された第 2  
の検出素子と、を備え、  
前記第 2 の検出回路は、  
第 3 の検出素子と、  
10 前記第 3 の検出素子とパターンの長手方向が異なり、  
かつ前記第 3 の検出素子と電氣的に直列に接続された第 4  
の検出素子と、を備えた、  
請求項 1 に記載の方位センサ。
- 15 8. 前記第 1、第 2 の磁気バイアス印加部を C o P t 合金とフェ  
ライトのいずれかで構成した、  
請求項 1 記載の方位センサ。
9. 前記絶縁層を S i O<sub>2</sub> で構成した、  
20 請求項 1 記載の方位センサ。
10. 前記第 1、第 2 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の強度  
を 5 O e 以上 2 0 O e 以下とした、  
請求項 1 記載の方位センサ。
- 25 11. 第 1 の検出回路と第 2 の検出回路との少なくとも一方を囲む、周  
囲磁気バイアス印加部とを、さらに備えた、  
請求項 1 記載の方位センサ。
- 30 12. 前記第 1 の検出回路と第 2 の検出回路とを、前記基板の互い

に異なる主面に設けた、

請求項 1 に記載の方位センサ。

1 3. 前記基板が主面上にガラスグレース層を有する、

5 請求項 1 に記載の方位センサ。

1 4. 1) 第 1 の検出回路と第 2 の検出回路とを基板の主面上に形成する工程と、

2) 前記第 1 の検出回路に対向した位置に第 1 の磁気バイアス印加部を形成し、前記第 2 の検出回路に対向する位置に第 2 の磁気バイアス印加部を形成する工程とを備え、

10

前記第 1 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きと前記第 2 の磁気バイアス印加部で発生する磁界の向きとを異なるようにした、

15 方位センサの製造方法。

1 5. 前記第 1 の検出回路と前記第 2 の検出回路の少なくとも一方を覆う絶縁層を形成する工程と、をさらに備えた、

請求項 1 4 に記載の方位センサの製造方法。

20

1 6. 前記工程 2 が、

前記絶縁層における前記第 1、第 2 の磁気バイアス印加部の非形成箇所にレジストを形成する工程と、

前記絶縁層の全面に前記第 1、第 2 の磁気バイアス印加部を構成する磁性材料を配する工程と、

25

前記レジストを除去する工程と、を有する、  
請求項 1 5 に記載の方位センサの製造方法。

1 7. 前記第 1、第 2 の磁気バイアス印加部の磁界の向きを設定する工程と、をさらに有する、

30

請求項 1 4 に記載の方位センサの製造方法。

1/7

FIG. 1A

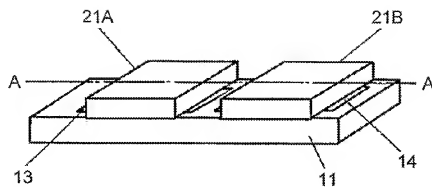
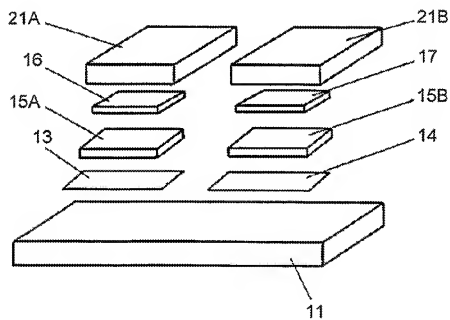


FIG. 1B



2/7  
FIG. 2

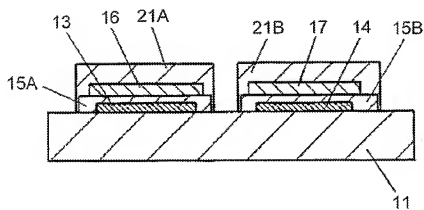
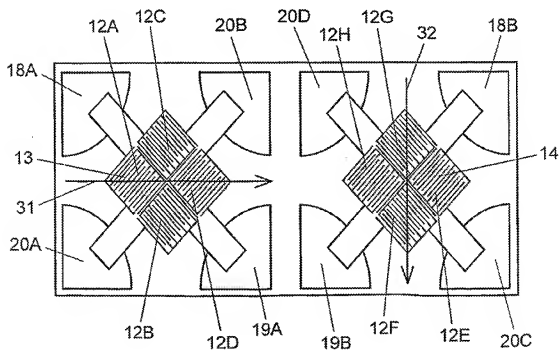


FIG. 3



3/7

FIG. 4

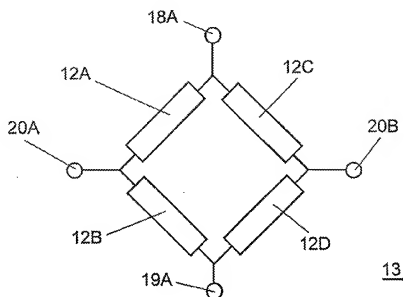
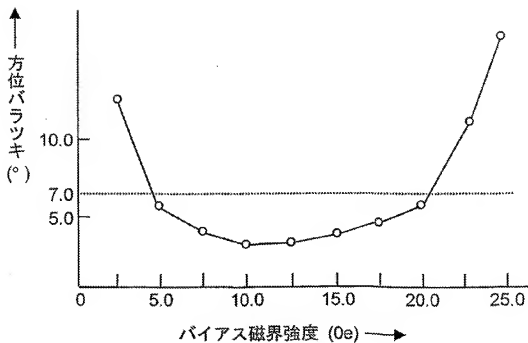


FIG. 5





4/7

FIG. 6

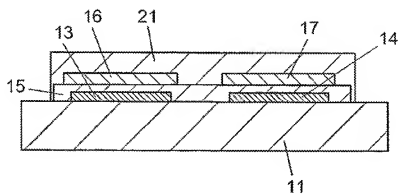
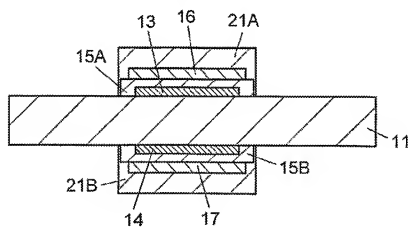


FIG. 7



5/7

FIG. 8

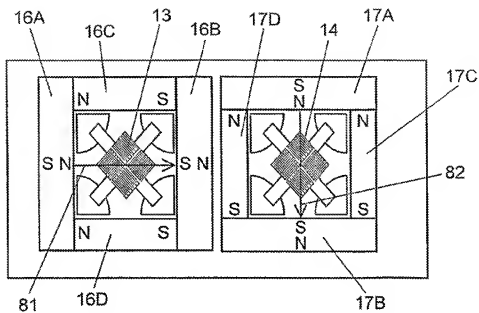
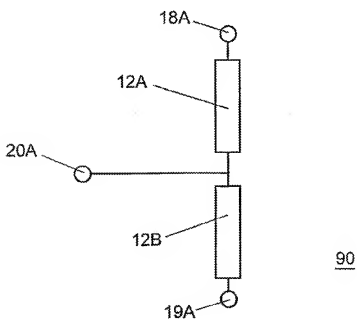


FIG. 9



6/7

FIG. 10A

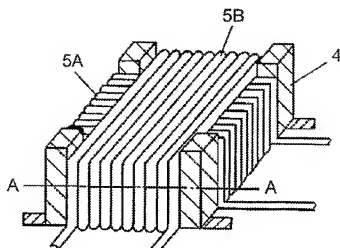
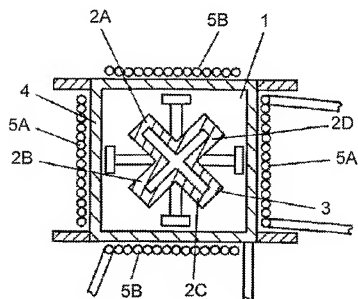


FIG. 10B



## 図面の参照符号の一覧表

- 1 基板
- 2 A、2 B、2 C、2 D 検出素子
- 3 ブリッジ回路
- 4 ホルダー
- 5 A 第1のコイル
- 5 B 第2のコイル
- 11 基板
- 12 A 第1の検出素子
- 12 B 第2の検出素子
- 12 C 第3の検出素子
- 12 D 第4の検出素子
- 12 E 第5の検出素子
- 12 F 第6の検出素子
- 12 G 第7の検出素子
- 12 H 第8の検出素子
- 13 第1のブリッジ回路
- 14 第2のブリッジ回路
- 15、15 A、15 B 絶縁層
- 16 第1の磁気バイアス印加部
- 16 A、16 B、16 C、16 D 磁気バイアス印加部
- 17 第2の磁気バイアス印加部
- 17 A、17 B、17 C、17 D 磁気バイアス印加部
- 18 A、18 B 入力電極
- 19 A、19 B グランド電極
- 20 A 第1の出力電極
- 20 B 第2の出力電極
- 20 C 第3の出力電極
- 20 D 第4の出力電極
- 21、21 A、21 B 被覆層
- 31、81 第1の磁気バイアス印加部の磁界方向
- 32、82 第2の磁気バイアス印加部の磁界方向
- 90 第1の検出回路

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13436

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G01C17/30, G01R33/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01C17/30, G01R33/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98/57188 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.), 17 December, 1998 (17.12.98), Full text; Figs. 1 to 4 & EP 927361 A & US 6100686 A & JP 2000-516724 A	1,2,4-6,11, 12,14,17 3,8,9,10
X	JP 2-186285 A (Nippondenso Co., Ltd.), 20 July, 1990 (20.07.90), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1,7,8
X	JP 64-31071 A (Nippondenso Co., Ltd.), 01 February, 1989 (01.02.89), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1,7,8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	* Inter document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
01 April, 2003 (01.04.03)Date of mailing of the international search report  
15 April, 2003 (15.04.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13436

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-345498 A (Yamaha Corp.), 14 December, 2001 (14.12.01), Column 11, lines 31 to 32; column 16, lines 29 to 33; Fig. 10 (Family: none)	3, 9, 15

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> G01C17/30  
G01R33/06

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int Cl<sup>7</sup> G01C17/30  
G01R33/06

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
日本国実用新案登録公報 1996-2003年  
日本国登録実用新案公報 1994-2003年

国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	WO 98/57188 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.) 1998. 12. 17, 全文, 第1-4図 & EP 927361 A & US 6100686 A	1, 2, 4- 6, 11, 12, 14, 17
Y	& JP 2000-516724 A	3, 8, 9, 10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」従先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ従先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.04.03

国際調査報告の発送日

15.04.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区協が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐々木芳枝



3月 9132

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)







Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 1 450 130 A1

(12)

**EUROPEAN PATENT APPLICATION**  
published in accordance with Art. 158(3) EPC

(43) Date of publication:  
25.08.2004 Bulletin 2004/35

(51) Int Cl.7: G01C 17/30, G01R 33/06

(21) Application number: 02790844.1

(86) International application number:  
PCT/JP2002/013436

(22) Date of filing: 24.12.2002

(87) International publication number:  
WO 2003/056276 (10.07.2003 Gazette 2003/28)

(84) Designated Contracting States:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR

(72) Inventor: ONAKA, Kazuhiro  
Nishinomiya-shi, Hyogo 663-8005 (JP)

(30) Priority: 27.12.2001 JP 2001396389

(74) Representative: Grünecker, Kinkeldey,  
Stockmair & Schwahnhäuser Anwaltssozietät  
Maximilianstrasse 58  
80538 München (DE)

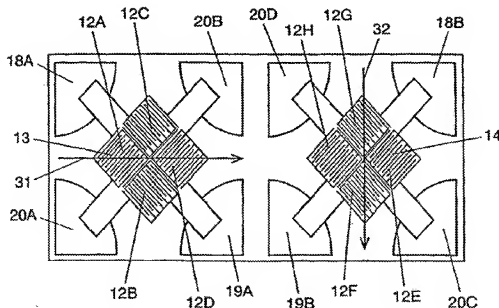
(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL  
CO., LTD.  
Kadoma-shi, Osaka 571-8501 (JP)

(54) **DIRECTION SENSOR AND ITS PRODUCTION METHOD**

(57) A direction sensor has a first and a second bridge circuits; each circuit including at least two detecting elements formed on a main surface of a substrate and connected in series and their longitudinal directions are crossing each other. The sensor has also a first and

a second magnetic bias application parts respectively facing toward the first and the second bridge circuits. Directions of magnetic field of the magnetic bias application parts are different with each other. The direction sensor does not require a holder or a coil; therewith miniaturization of the sensor is feasible.

**FIG. 3**



EP 1 450 130 A1

**Description**

## TECHNICAL FIELD

**[0001]** This invention relates to a direction sensor to be used for various electronic instruments and a production method thereof.

## BACKGROUND ART

[0002] Fig. 10A is a perspective view of an ordinary direction sensor, and Fig. 10B is a sectional view of the same taken along the line A-A. The ordinary direction sensor has:

- bridge circuit 3 including four detecting elements 2A to 2D, placed on an upper surface of substrate 1;
- holder 4 holding substrate 1 and covering substrate 1 including bridge circuit 3; and
- first coil 5A and second coil 5B forming magnetic bias application parts, made of conductive wires, winding up around holder 4 with predetermined winding numbers, and being at right angles to each other.

**[0003]** In the ordinary direction sensor, substrate 1 including detecting elements 2A to 2D is held by holder 4, and first coil 5A and second coil 5B wind holder 4 around it. Because of this structure, the ordinary direction sensor is large and it is difficult to be miniaturized.

## SUMMARY OF THE INVENTION

[0004] A direction sensor in the present invention has a first detecting circuit including at least two detecting elements mounted on a main surface of a substrate, a second detecting circuit constituted identically with the first circuit, a first magnetic bias application part disposed in a position facing the first detecting circuit, and a second magnetic bias application part disposed in a position facing the second detecting circuit. The second magnetic bias application part generates a magnetic field in a direction different from a magnetic field that the first magnetic bias application part does.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0005]

Fig. 1A is a perspective view of a direction sensor in accordance with a first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 1B is an exploded perspective view of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 2 is a sectional view of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention, taken along the line A - A of

Fig. 1A.

Fig. 3 is a plain view of an upper surface of a first and a second bridge circuits, main parts of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 4 is an electric circuit diagram of the first bridge circuit, the main part of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 5 is a graphical illustration showing a relation between a magnetic field strength of the first and the second magnetic bias application parts and a variation of detected direction on the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 6 is a sectional view of another direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 7 is a sectional view of a direction sensor in accordance with a second exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 8 is a plain view of an upper surface of a first and a second bridge circuits, main parts of a direction sensor in accordance with a third exemplary embodiment of the present invention.

Fig. 9 is a circuit diagram of a varied type of the first detecting circuit of the direction sensors in accordance with the first to the third exemplary embodiments of the present invention.

Fig. 10A is a perspective view of an ordinary direction sensor.

Fig. 10B is a sectional view of the ordinary direction sensor taken along the line A-A of Fig. 10A.

## DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

**[0006]** Exemplary embodiments of the present invention will be demonstrated hereinafter using the drawings. A same reference mark is used for an identical constituent and detailed explanation of it is omitted.

### FIRST EXEMPLARY EMBODIMENT

**[0007]** Fig. 1A is a perspective view of a direction sensor in accordance with a first exemplary embodiment of the present invention 1. Fig 1B is an exploded perspective view of the same. Fig. 2 is a sectional view of the same, taken along the line A-A, and Fig. 3 is a plain view of a first and a second bridge circuits, main parts of the same. Fig. 4 is an electric circuit diagram of the first bridge circuit of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment.

[0008] As shown in Fig. 1A to Fig. 3, the direction sensor in the first exemplary embodiment has:

- substrate 11,
- first bridge circuit 13 (a first detecting circuit) having

first detecting element 12A to fourth detecting element 12D, formed on an upper surface of substrate 11,

- second bridge circuit 14 (a second detecting circuit) having fifth detecting element 12E to eighth detecting element 12H,
- insulating layers 15A and 15B respectively deposited on upper surfaces of first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14,
- first magnetic bias application part 16 and second magnetic bias application part 17 (hereafter, each called application part) respectively disposed on upper surfaces of insulating layer 15A and 15B, facing toward first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14 respectively,
- cover layers 21A and 21B composed of such as epoxy resin and silicon resin, respectively deposited on upper surfaces of first application part 16 and second application part 17.

[0009] First and second application parts 16 and 17 are constituted so as their generated magnetic fields direct substantially  $90^\circ$  different each other, as shown by arrow marks 31 and 32 in Fig. 3.

[0010] The constituent members are explained hereinafter.

[0011] Substrate 11 is in a rectangular shape and made of an insulating material such as alumina. A glass glaze layer is preferably formed on a main surface of the substrate because it is easy to get a smooth surface of the layer therefore it makes it easy to form first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14 thereon.

[0012] First bridge circuit 13 is composed of first detecting element 12A, second detecting element 12B, third detecting element 12C and fourth detecting element 12D. First detecting element 12A to fourth detecting element 12D are made of such as a strong-ferromagnetic thin film or an artificial lattice multilayer film folded in multiple of times. The ferromagnetic thin film is composed of  $\text{NiCo}$ ,  $\text{NiFe}$ , or the like, which changing rate of resistance value reaches a peak when an outside magnetic field is vertically applied. By folding up the film multiple of times, number of lines of the terrestrial magnetism crossing the film is increased, so that the changing rate of the resistance value becomes high, improving a terrestrial magnetism detecting sensitivity.

[0013] First detecting element 12A and second detecting element 12B are electrically connected in series, and third detecting element 12C and fourth detecting element 12D are also connected in series. The series circuit of first detecting element 12A and second detecting element 12B and the series circuit of third detecting element 12C and fourth detecting element 12D are electrically connected in parallel. The joint part of first detecting element 12A and second detecting element 12B is connected to first output electrode 20A, and the joint part of third detecting element 12C and fourth detecting element 12D is connected to second output electrode

20B.

[0014] Longitudinal directions in the patterns of first detecting element 12A and second detecting element 12B are different by substantially  $90^\circ$ . According to third detecting element 12C and fourth detecting element 12D, arrangement is similar to that of elements 12A and 12B. The longitude directions in the patterns of first detecting element 12A and fourth detecting element 12D are in parallel. According to second detecting element 12B and third detecting element 12C, arrangement is similar to that of elements 12A and 12D.

[0015] Further, first detecting element 12A and third detecting element 12C are connected to input electrode 18A, and second detecting element 12B and fourth detecting element 12D are connected to ground electrode 19A.

[0016] Thus, first detecting element 12A to fourth detecting element 12D constitute a full bridge as shown in Fig. 4. A variation of a differential voltage between two output voltages at first output electrode 20A and second output electrode 20B, is increased with an effect of the bridge circuit, so that compass direction is precisely identified. Further, because noise from the two output voltages are cancelled each other, a dispersion of identifying direction due to the noise is remained small.

[0017] Moreover, the longitudinal directions of detecting element 12A to fourth detecting element 12D are all angled  $45^\circ$  to a direction of the magnetic field produced by first application part 16. By constituting like this, the resistance values of first detecting element 12A to fourth detecting element 12D are considered to change linearly with the change of the magnetic field. Therewith, compass direction is easily calculated by the differential voltage. In this exemplary embodiment, the longitudinal directions of first detecting element 12A to fourth detecting element 12D are each angled by  $45^\circ$  to the magnetic field generated by first application part 16. If the angle is set at  $0^\circ$  or  $180^\circ$ , the magnetic field generated by first application part 16 does not effectively change the resistance value of the detecting elements, namely not act as a bias magnetic field. Because of the reason,  $0^\circ$  and  $180^\circ$  are desirably avoided, if not  $45^\circ$ .

[0018] Input electrode 18A, ground electrode 19A, first output electrode 20A, and second output electrode 20B are all composed of silver, silver palladium or the like.

[0019] Second bridge circuit 14 is similarly structured to first bridge circuit 13, and has fifth detecting element 12E, sixth detecting element 12F, seventh detecting element 12G and eighth detecting element 12H, and is connected to input electrode 18B, ground electrode 19B, third output electrode 20C and fourth output electrode 20D.

[0020] These constituent members are corresponding, like fifth detecting element 12E of second bridge circuit 14 to first detecting element 12A of first bridge circuit 13. Similarly, sixth detecting element 12F corresponds to second detecting element 12B, seventh detecting el-

element 12G to third detecting element 12C, eighth detecting element 12H to fourth detecting circuit 12D, input electrode 18B to input electrode 18A, ground electrode 19B to ground electrode 19A, third output electrode 20C to first output electrode 20A, and fourth output electrode 20D to second output electrode 20B.

[0021] Still further, input electrode 18A and input electrode 18B are electrically connected and ground electrode 19A and ground electrode 19B are also electrically connected. Thus, first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14 are electrically connected in parallel.

[0022] Input electrodes 18A and 18B, ground electrodes 19A and 19B, first output electrode 20A, second output electrode 20B, third output electrode 20C and fourth output electrode 20D are all exposed for inputting or outputting signals with outside.

[0023] Insulating layer 15A is deposited on the upper surface of first bridge circuit 13, and insulating layer 15B on the upper surface of second bridge circuit 14. The layers are composed of a material having an insulating characteristic, such as SiO<sub>2</sub>, alumina, epoxy resin or silicon resin. They electrically insulates first and second bridge circuits 13 and 14 from first and second application parts 16 and 17. Insulating layer 15A covers first detecting element 12A to fourth detecting element 12D and insulating layer 15B covers fifth detecting element 12E to eighth detecting element 12H.

[0024] If SiO<sub>2</sub> is used for insulating layers 15A and 15B, and if CoPt alloy is used for first and second application parts 16 and 17, intimacy of contact of the insulating layers with first and second application parts 16 and 17 is strengthened, thereby reliability including humidity resistance is improved and cost of the device is reduced.

[0025] First application part 16 is disposed on the upper surface of insulating layer 15A facing toward first bridge circuit 13, and second application part 17 is disposed on the upper surface of insulating layer 15B facing toward second bridge circuit 14. These parts are made of magnet such as CoPt alloy, CoCrPt alloy or ferrite of which a magnetic field is aligned into one direction. First application part 16 entirely covers first bridge circuit 13, and second application part 17 entirely covers second bridge circuit 14. Directions of the magnetic fields produced by first application parts 16 and second application part 17 are substantially 90° different as mentioned above. First and second application parts 16 and 17 generate magnetic field in a strength of 5 to 20 Oe.

[0026] Next, the reason why the strength of the magnetic field is set in 5 to 20 Oe is explained.

[0027] Fig. 5 is a graph showing a relation between a magnet field strength generated by first and second application parts 16 and 17 and a dispersion of detected direction. In the graph, allowable dispersion in the detected direction is shown to be 7°, which is a maximum allowable dispersion in detecting 36 points of compass directions.

[0028] As is evidently shown in Fig. 5, the dispersion in the detected direction is reduced between the magnetic field strength in 5 to 20 Oe and where the direction is more precisely identified.

[0029] Settling in above range, since the magnetic field strength is set 20 Oe at most, a difference between a field strength of terrestrial magnetism and the magnetic field strength becomes small. Still further, since the magnetic field strength is set at 5 Oe at least, first and second bridge circuits 13 and 14 generates the outputs above a certain strength. Because of above reasons, it is desirable the magnetic field strength of first and second application parts 16 and 17 is set in a range of 5 to 20 Oe.

[0030] When a narrower dispersion is required in detecting a direction, the range of the magnetic field strength is needed to be further limited. For examples, when a 5° of directional dispersion is required, the magnetic field strength is set between 6.0 and 18.0 Oe, or more preferably between 7.5 and 15.0 Oe.

[0031] If CoPt alloy is employed for first and second application parts 16 and 17, the thickness of the application parts can be made smaller up to around 500nm. In this case, the strength of the bias magnetic field is stabilized because of small dispersion of the thickness.

[0032] If ferrite is employed for first and second application parts 16 and 17, cost of application parts 16 and 17 can be reduced.

[0033] Next, a production method of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention will be described.

[0034] First, first detecting element 12A to eighth detecting element 12H, input electrodes 18A and 18B, ground electrodes 19A and 19B, and first output electrode 20A to fourth output electrode 20D are formed on the upper surface of substrate 11. To forming them, a method such as a printing or a vapor deposition is used.

[0035] At this time, first bridge circuit 13 is formed with first detecting element 12A to fourth detecting element 12D, as well as forming input electrode 18A, ground electrode 19A, first output electrode 20A and second output electrode 20B respectively at predetermined positions. Similarly, second bridge circuit 14 is formed with fifth detecting element 12E to eighth detecting element 12H, as well as forming input electrode 18B, ground electrode 19B, third output electrode 20C and fourth output electrode 20D at respective positions.

[0036] Next, insulating layer 15A is formed on the upper surface of first bridge circuit 13 as well as forming insulating layer 15B on the upper surface of second bridge circuit 14. As previously mentioned, insulating layer 15A is formed covering first detecting element 12A to fourth detecting element 12D, and insulating layer 15B covering fifth detecting element 12E to eighth detecting element 12H.

[0037] Then, first magnetic bias application part 16 is formed on the upper part of insulating layer 15A as the part facing toward first bridge circuit 13, by a printing or

an etching method, as well as forming second magnetic bias application part 17 on the upper part of insulating layer 15B, facing toward second bridge circuit 14. Then, approximating magnetic field-generating coils to first and second application parts 16 and 17 for establishing the magnetic field directed in certain direction.

[0038] In this process, longitudinal directions of first detecting element 12A to eighth detecting element 12H are arranged so as to cross the magnetic field produced by first and second application parts 16 and 17 at an angle of 45°, and the magnetic field directions produced by first and second application parts 16 and 17 to be directed about 90° different with each other, as shown in Fig. 3.

[0039] It is desirable that first and second application parts 16 and 17 are formed by a liftoff method; thereby insulating layer 15A, insulating layer 15B, first and second bridge circuits 13 and 14 are prevented from being damaged.

[0040] Namely, a resist is applied at a place where first and second application parts 16 and 17 are not to be formed, then magnetic materials forming first and second application parts 16 and 17 are applied on entire surface of insulating layers 15A, 15B, and then the resist is removed, forming first and second application parts 16 and 17 at their predetermined positions. In this process, unnecessary magnetic material is removed when the resist is removed. It is not necessary to remove the unwanted magnetic material selectively as which is required by the etching method, therewith bridge circuits 13 and 14 and insulating layers 15A and 15B are prevented from being attached or penetrated by etching liquid.

[0041] Especially, when CoPt alloy is etched for forming first and second application parts 16 and 17, a strong acid of etching liquid is used. The etching liquid damages insulating layers 15A and 15B or first and second bridge circuits 13 and 14, deteriorating humidity resistance and sacrificing reliability. By using the liftoff method, these problems are avoided and high reliability direction sensor is provided.

[0042] In this exemplary embodiment, the magnetic fields are aligned after first and second application parts 16 and 17 are formed. By doing so, the magnetic fields of first and second application parts 16 and 17 are simultaneously or successively aligned so that productivity is improved. In placing the process, a magnet of which magnetic field has already aligned can be disposed on the upper surface of insulating layer 15.

[0043] Lastly, cover layer 21A is formed on the upper surface of first application part 16, as well as forming cover layer 21B on the upper surface of second application part 17, by a molding method for instance.

[0044] Next, working principle of the direction sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention will be explained.

[0045] First, a prescribed voltage is applied between input electrode 18A and ground electrode 19A in first

bridge circuit 13. Then, the magnetic fields generated by first magnetic bias application part 16 and the terrestrial magnetism change the resistance values of first detecting element 12A to fourth detecting element 12D. At this time, first output electrode 20A and second output electrode 20B output voltages corresponding to the change of the resistance values, and differential voltage between the two outputs is detected. This voltage changes depending on an angle by which the terrestrial magnetism crosses first bridge circuit 13. The voltage changes substantially sinusoidally dependent on the angle by which the terrestrial magnetism and first bridge circuit 13 cross.

[0046] In second bridge circuit 14, a differential output voltage changing almost sinusoidally with an crossing angle of the terrestrial magnetism and second bridge circuit 14, is similarly detected between third output voltage 20C and fourth output voltage 20D.

[0047] In this instance, the magnetic field direction of first application part 16 and that of second application part 17 are different by 90°, namely a phase of one differential output voltage is shifted by 90° from that of another differential another voltage. Assuming an angle of direction as  $\theta$ , one output voltage is represented by  $A \sin \theta$  and another is represented by  $A' \cos \theta$ . Standardized by amplitude  $A$  and  $A'$ ,  $\tan \theta$ , an output ratio between the two, is given out, easily identifying the direction  $\theta$ . If a variation of the magnetic field strength of both of the magnetic application parts is controlled so as to make both amplitudes identical, the standardization process is unnecessary.

[0048] At this time, the magnetic field directions being generated by first and second application parts 16 and 17 is controlled so as that dispersion of measured directional angle  $\theta$  is restricted within a prescribed range, for instance 7°. In this exemplary embodiment, an angle between magnetic field directions 31 and 32 produced by first and second application parts 16 and 17 is made around 90°. However, the angle needs not be 90°. As long as the magnetic field directions of first and second application parts 16 and 17 are different, the outputs from first and second bridge circuits 13 and 14 are out of phase each other. Because the output from first bridge circuit 13 changes sinusoidally, a same output value is measured in two directional angles, however, one direction is finally identified with a sign of difference between the output from first bridge circuit 13 and that of second bridge circuit 14. Thus, all directions from 0° to 350° are identified. At this time, the direction of the magnetic field of first and second bridge circuits 13 and 14 have to be differentiated so as the phase of the outputs may not overlap.

[0049] In this exemplary embodiment, insulating layers 15A and 15B are respectively separated individual layers, and cover layers 21A and 21B are also separated individual layers. Nevertheless, the layers can be integrated as illustrated in Fig. 6.

[0050] Fig. 6 is a sectional view of another direction

sensor in accordance with the first exemplary embodiment of the present invention. Cover layer 16 overlays first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14 altogether, and cover layer 21 covers first application part 16 and second application part 17 altogether.

[0051] Even with this constitution, a similar effect is obtained as in the direction sensor shown in Fig. 1.

## SECOND EXEMPLARY EMBODIMENT

[0052] A second exemplary embodiment of the present invention will be explained using Fig. 7. Fig. 7 is a sectional view of a direction sensor in accordance with the second exemplary embodiment of the present invention.

[0053] In the first exemplary embodiment, components including first and second bridge circuits are formed on one side of the substrate. Whereas, in the second exemplary embodiment, a first bridge circuit is formed on an upper surface of a substrate while a second bridge circuit is formed on a under surface of the substrate, otherwise the structure of this embodiment is identical to that of the first exemplary embodiment.

[0054] Following, the structure of the second exemplary embodiment is explained.

[0055] First bridge circuit 13 is formed on an upper surface of substrate 11. First insulating layer 15A is deposited on an upper surface of first bridge circuit 13. First magnetic bias application part 16 is disposed on an upper surface of first insulating layer 15A, facing toward first bridge circuit 13. First cover layer 21A is formed on an upper surface of it.

[0056] Second bridge circuit 14 is formed on an under surface of substrate 11, and second insulating layer 15B is deposited on an under surface of second insulating layer 15B. Second magnetic bias application part 17 is disposed on an under surface of second insulating layer 15B, facing toward second bridge circuit 14. On an under surface of it, second cover layer 21B is formed.

[0057] As described, in the direction sensor in accordance with the second exemplary embodiment of the present invention, each of first and second bridge circuits 13 and 14 is formed on a different surface of substrate 11. Because of this structure, dimension of a main surface is smaller than when the first and second bridge circuits is formed on one surface, hence the direction sensor can be produced smaller. Furthermore, since first and second application parts 16 and 17 are formed on different surfaces, a distance between first and second application parts 16 and 17 is made larger, making a magnetic field influence of first application part 16 over second bridge circuit 14 small. Likewise, a magnetic field influence of second application part 17 over first bridge circuit 13 becomes small.

## THIRD EXEMPLARY EMBODIMENT

[0058] A third exemplary embodiment of the present

invention will be explained using Fig. 8. Fig. 8 is a plan view of an upper surface of a first and a second bridge circuits, main parts of a direction sensor in accordance with the third exemplary embodiment of the present invention.

[0059] In the direction sensor of the third exemplary embodiment, magnetic field bias application parts are additionally formed around first and second bridge circuits 13 and 14 as seen in the plan view.

[0060] As Fig. 8 shows, magnetic bias application parts 16A, 16B, 16C and 16D are placed around first bridge circuit 13, constituting a surrounding magnetic bias application part. Similarly, magnetic bias application parts (hereinafter called an application part) 17A, 17B, 17C and 17D are placed around second bridge circuit 14.

[0061] In this structure, one side of application part 16A facing first bridge circuit 13 is polarized to N. One side of application part 16B facing toward application part 16A through first bridge circuit 13 is polarized to S. Application part 16C, disposed between application part 16A and application part 16B along bridge circuit 13 is polarized to N at a side facing application part 16A and S at a side facing application part 16B. Application part 16D facing toward application part 16C through first bridge circuit 13 and disposed between application part 16A and application part 16B is polarized to N at a side facing application part 16A and S at a side facing application part 16B.

[0062] Application parts 17A to 17D are disposed around second bridge circuit 14; their magnetic fields are rotated by 90° clockwise in relative to those of application parts 16A to 16D.

[0063] The direction sensor in the third exemplary embodiment is constituted by adding application parts 16A to 16D and 17A to 17D to the direction sensor of the first exemplary embodiment. In other words, first application part 16 and second application part 17 are respectively positioned upward of first bridge circuit 13 and second bridge circuit 14, though it is not illustrated in the drawing. In this structure, the magnetic field direction of first application part 16 is to N at its left side and S at its right, as shown by arrow mark 81 in Fig. 8. The magnetic field direction of second application part 17 is to N at the up-side and S at the down side, as shown by arrow mark 82.

[0064] With this structure, the magnetic field is hard to leak out of a space surrounded by application parts 16A to 16D. Because of its high efficiency of magnetic field application to first bridge circuit 13, the application part 16 and 16A to 16D can function even when the magnetic field strength of the magnets of application parts 16 and 16A to 16D is weak. By constituting so, a probability that the magnetic field applied to first bridge circuit 13 may affect second bridge circuit 14 is remained low.

Application parts 17A to 17D work similarly.

[0065] Above, the first to the third exemplary embodiments of the present invention are explained. In addition, because a holder or a coil is not required for the

structures, the direction sensors can be manufactured small. Still more, because the permanent magnets are used for generating the bias magnetic field instead of energization of a coil, the direction sensors do not require an electric power for producing the magnetic fields, so that energy is saved. This type of detection sensor can be installed on a mobile device or the like.

[0066] In all the above embodiments, the first detecting circuit and the second detecting circuit respectively employs a bridge circuit composed of four detecting elements for detecting a differential voltage. On the other hand, the first detecting circuit and the second detecting circuit can be composed of a half bridge circuit using two detecting elements. The half bridge circuit will be explained as follows using Fig. 9. Fig. 9 is a circuit diagram of a varied type of the first detecting circuit of the direction sensor according to the present invention.

[0067] First detecting circuit 90 is composed of first detecting element 12A and second detecting element 12B. In first detecting circuit 90, a prescribed voltage is applied between first input electrode 18A and ground electrode 19A then a differential voltage between first output electrode 20A and ground electrode 19A is detected. Because the circuit has half of the bridge circuit, it is called a 'half bridge circuit.'

[0068] A positional relationship between first detecting element 12A and second detecting element 12B and a positional relationship between the detecting elements and the magnetic field direction of the first magnetic bias application part facing against first detecting circuit 90 are identical to those in the first exemplary embodiment.

[0069] The second detecting circuit can be similarly constituted.

[0070] The circuitry of the half bridge circuit of this kind requires half the number of the detecting elements required for the bridge circuit, hence a required dimension is small and the circuit is simple, therefore advantageous for miniaturization.

#### INDUSTRIAL APPLICABILITY

[0071] As mentioned, the direction sensor according to the present invention has following constituents:

- a substrate,
- a first detecting circuit having at least two detecting elements formed on a main surface of the substrate; and a second detecting circuit having an identical structure,
- a first magnetic bias application part disposed facing toward the first detecting circuit,
- a second magnetic bias application part disposed facing toward the second detecting circuit, generating a magnetic field in a direction different from one the first magnetic bias application part generates.

[0072] This structure does not require a holder or a

coil, thereby a miniaturization feasible direction sensor is obtained.

#### Claims

1. A direction sensor comprising:

a substrate;  
a first detecting circuit formed on a main surface of the substrate and including at least two detecting elements;  
a second detecting circuit formed on the main surface of the substrate and including at least two detecting elements;  
a first magnetic bias application part disposed facing toward the first detecting circuit; and  
a second magnetic bias application part disposed facing toward the second detecting circuit, and producing a magnetic field in a direction different from that of a magnetic field the first magnetic bias application part produces.

2. The direction sensor according to claim 1, wherein each of the first and the second magnetic bias application parts is composed of a permanent magnet.

3. The direction sensor according to claim 1, further comprising an insulating layer covering at least one of the first detecting circuit and the second detecting circuit.

4. The direction sensor according to claim 1, wherein the first detecting circuit includes:

a first detecting element;  
a second detecting element of which a longitudinal pattern direction is different from that of the first detecting element, and which is electrically connected to the first detecting element in series;  
a third detecting element of which a longitudinal pattern direction is in parallel with that of the second detecting element; and  
a fourth detecting element of which a longitudinal pattern direction is in parallel with that of the first detecting circuit, and which is electrically connected to the third detecting element in series,

in which the first detecting element and the second detecting element are electrically connected in parallel, and the third detecting element and the fourth detecting element are also electrically connected in parallel,

wherein the second detecting circuit includes:

a fifth detecting element;

a sixth detecting element of which a longitudinal pattern direction is different from that of the fifth detecting element, and which is electrically connected to the fifth detecting element in series;

a seventh detecting element of which a longitudinal pattern direction is in parallel with that of the sixth detecting element; and  
an eighth detecting element of which a longitudinal pattern direction is in parallel with that of the fifth detecting element, and which is electrically connected to the seventh detecting circuit in series, and

in which the fifth detecting element and the sixth detecting element are electrically connected in parallel, the seventh detecting element and the eighth detecting element are also electrically connected in parallel

5. The direction sensor according to claim 4,  
wherein a direction of a magnetic field produced by the first magnetic bias application part and a direction of a magnetic field produced by the second magnetic bias application part are crossing at 90°,

wherein the longitudinal pattern direction of the first detecting element and the longitudinal pattern direction of the second detecting element are crossing at 90°.

wherein the longitudinal pattern direction of the fifth detecting element and the longitudinal pattern direction of the seventh detecting element are crossing at 90°.

6. The direction sensor according to claim 5,  
wherein the direction of the magnetic field produced by the first magnetic bias application part and the longitudinal pattern direction of the first detecting element are crossing at 45°,

wherein the direction of the magnetic field produced by the second magnetic bias application part and the longitudinal pattern direction of the fifth detecting element are crossing at 45°.

7. The direction sensor according to claim 1,  
wherein the first detecting circuit includes:

a first detecting element; and  
a second detecting element of which a longitudinal pattern direction is different from that of the first detecting element, and which is electrically connected to first detecting element in series,

wherein the second detecting circuit includes:

a third detecting element; and

a fourth detecting element of which a longitudinal pattern direction is different from that of the third detecting element, and which is electrically connected to the third detecting element in series.

8. The direction sensor according to claim 1,  
wherein the first and the second magnetic bias application parts are composed of one of CoPt alloy and ferrite.

9. The direction sensor according to claim 1,  
wherein the insulating layer is composed of SiO<sub>2</sub>.

10. The direction sensor according to claim 1,  
wherein a magnetic field strength generated by the first and second magnetic bias application parts are 5 Oe at least and 20 Oe at most.

11. The direction sensor according to claim 1, further comprising:

a surrounding magnetic bias application part surrounding at least one of the first detecting circuit and the second detecting circuit.

12. The direction sensor according to claim 1,  
wherein the first detecting circuit and the second detecting circuit are formed on different main surfaces of the substrate.

13. The direction sensor according to claim 1,  
wherein the substrate has a glass glaze layer formed on the main surface of the substrate.

14. A production method of a direction sensor comprising:

(1) forming a first detecting circuit and a second detecting circuit on a main surface of a substrate; and

(2) forming a first magnetic bias application part facing toward the first detecting circuit, and forming a second magnetic bias application part facing toward the second detecting circuit,

wherein a direction of a magnetic field produced by the first magnetic bias application part and a direction of a magnetic field produced by the second magnetic bias application part are different with each other.

15. The production method of the direction sensor according to claim 14 further comprising:

forming an insulating layer covering at least one of the first detecting circuit and the second de-



tecting circuit.

16. The production method of the direction sensor according to claim 15,

wherein the process (2) includes:

disposing a resist on the insulating layer in an area where the first and the second magnetic bias application parts are not to be formed;

applying a magnet material forming the first and the second magnetic bias application parts on to an entire area of the insulating layer; and, removing the resist.

17. The production method of the direction sensor according to claim 14, further including:

directing the magnetic field of the first and the second magnetic bias application parts.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1A

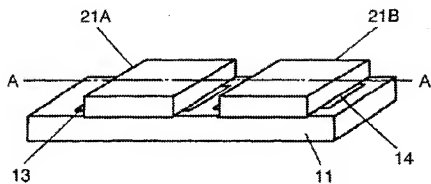


FIG. 1B

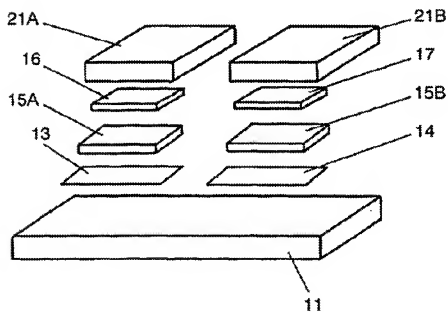


FIG. 2

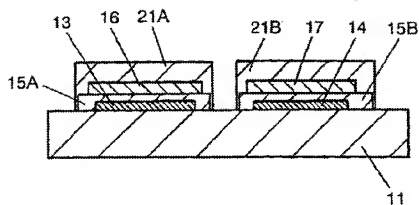


FIG. 3

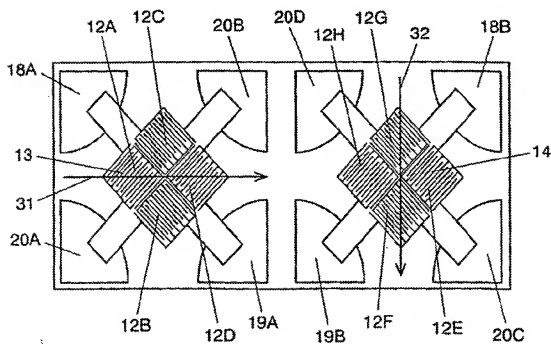


FIG. 4

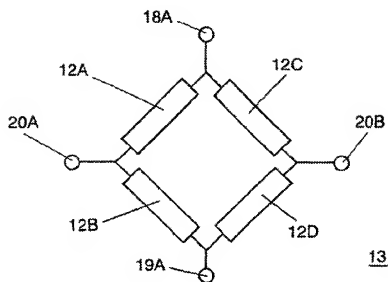


FIG. 5

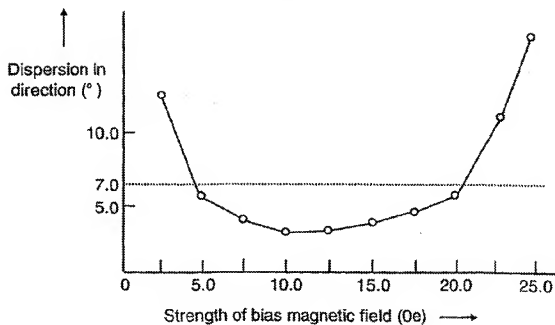


FIG. 6

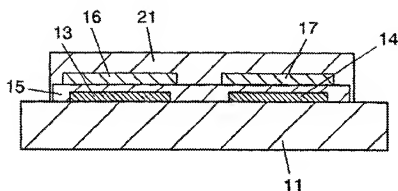


FIG. 7

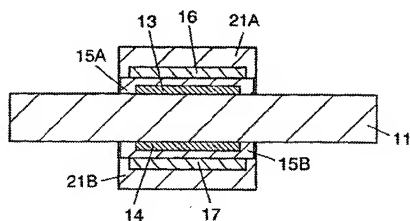


FIG. 8

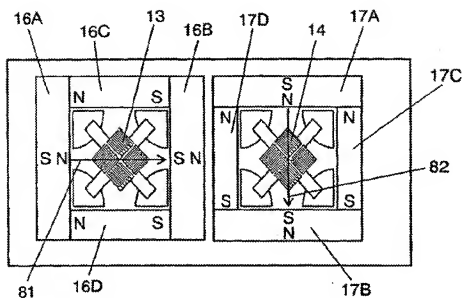


FIG. 9

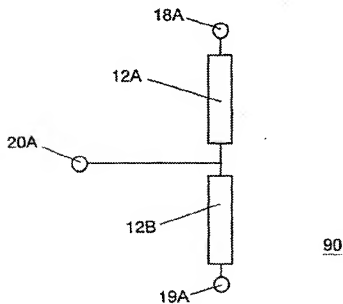


FIG. 10A

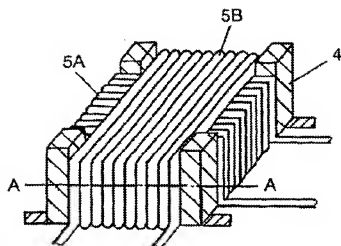
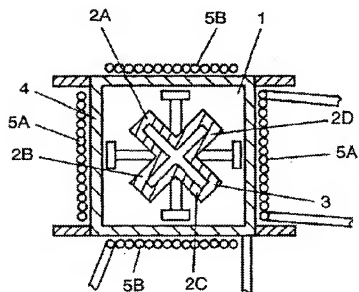


FIG. 10B



Reference marks in the drawings.

1. Substrate
- 2A, 2B, 2C, 2D. Detecting element
3. Bridge circuit
4. Holder
- 5A. First coil
- 5B. Second coil
11. Substrate
- 12A. First detecting element
- 12B. Second detecting element
- 12C. Third detecting element
- 12D. Fourth detecting element
- 12E. Fifth detecting element
- 12F. Sixth detecting element
- 12G. Seventh detecting element
- 12H. Eighth detecting element
13. First bridge circuit
14. Second bridge circuit
- 15, 15A, 15B. Insulating layer
16. First magnetic bias application part
- 16A, 16B, 16C, 16D. Magnetic bias application part
17. Second magnetic bias application part
- 17A, 17B, 17C, 17D. Magnetic bias application part
- 18A, 18B. Input electrode
- 19A, 19B. Ground electrode
- 20A. First output electrode
- 20B/ Second output electrode
- 20C. Third output electrode
- 20D. Fourth output electrode
- 21, 21A, 21B. Cover layer
- 31, 31. Magnetic field direction of first magnetic bias application part
- 32, 32. Magnetic field direction of second magnetic bias application part
90. First detecting circuit



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

ECT/JP02/13436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int. Cl. <sup>7</sup> G01C17/30, G01R33/06		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Int. Cl. <sup>7</sup> G01C17/30, G01R33/06		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98/57188 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.), 17 December, 1998 (17.12.98), Full text; Figs. 1 to 4 & EP 927361 A & US 6100686 A & JP 2000-516724 A.	1, 2, 4-6, 11, 12, 14, 17, 3, 8, 9, 10
X	JP 2-186285 A (Nippondenso Co., Ltd.), 20 July, 1990 (20.07.90), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 7, 8
X	JP 64-31071 A (Nippondenso Co., Ltd.), 01 February, 1989 (01.02.89), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 7, 8
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	*P* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *A* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 01 April, 2003 (01.04.03)		Date of mailing of the international search report 15 April, 2003 (15.04.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/13436

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-345498 A (Yamaha Corp.), 14 December, 2001 (14.12.01), Column 11, lines 31 to 32; column 16, lines 29 to 33; Fig. 10 (Family: none)	3, 9, 15

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1998)